

14. Пат. 64221 Україна, МПК А23К 1/10. Добавка до комбікорму для сільськогосподарської птиці [Текст] / Б.В. Єгоров, Н.В. Ворона. – №u201108847. Заявл. 14.07.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. №20.
15. Єгоров, Б.В. Исследование биологической эффективности и санитарного качества экструдированной кормовой добавки для молодняка сельскохозяйственной птицы в процессе хранения [Текст] / Б.В. Єгоров, Н.В. Ворона // Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – №2. – С. 29 – 33.

УДК 636.085.55:[633.15:639.38]

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЕКСТРУДОВАНОЇ КОРМОВОЇ СУМІШІ

Єгоров Б.В., д-р техн. наук, професор., чл.-кор. НААН України,
Фігурська Л.В., канд. техн. наук, асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статті наведено дослідження з визначення основних хімічних і фізичних показників якості кормової суміші з малоцінної риби. Розглянуто важливі зміни, які відбуваються у процесі екструзії у фізичних властивостях і хімічному складі.

In the article research is resulted from determination of basic chemical and physical indexes of quality of mixture of corn and fish raw material. Important changes which take a place in the process of extruding are considered.

Ключові слова: екструдування, кормова суміш, комбікорми для риб, рибна мука, збагачення зернової сировини.

Аквакультура – галузь розведення, товарного вирощування і відтворення гідробіонтів – в останні десятиліття перетворилася на широкомасштабну високотехнічну індустрію і почала відігравати провідну роль у розвитку більшості рибпромислових держав. Лідерами в цьому є такі високорозвинені країни як Японія, США, Канада, Ісландія, Данія, Норвегія, а останнім часом і Китай. За даними Всесвітньої організації аквакультури загальний обсяг культивованих гідробіонтів у період з 1984 по 1994 рр. збільшився на 167 % (з 6,9 до 18,5 млн. т), а в 2010 р. він перевищив 30 млн. т, що складає більше чверті обсягу і майже половину вартості загальної світової продукції [1].

Україна має у своєму розпорядженні значні можливості і величезний науково-практичний потенціал для розвитку вітчизняної аквакультури. Найважливішою умовою ведення успішного вітчизняного індустріального рибництва є забезпечення рибоводних господарств повноцінними комбікормами. Важливим компонентом для балансування високого рівня білка у рецептах комбікормів для риб є рибна мука. До переваг використання рибної муки відносять те, що рибний протеїн має найвищу концентрацію незамінних амінокислот серед усіх відомих азотистих з'єднань тваринного походження; він максимально наближений (92...95 %) до співвідношення амінокислот білка курячого яйця згідно з ФАО ВОЗ; у складі рибних кормових продуктів є потужний неіндифікований фактор росту, ефект якого встановлений, але його біологічна природа не визначена. Рибну муку вводять до складу комбікорму для балансування рецептур не лише за вмістом сирого протеїну, а й амінокислотного і жирокислотного складу (важливе джерело жирних кислот ω -3), рівня кальцію і фосфору, обмінної енергії та вітамінів [2, 3]. Рибну муку виготовляють із будь-яких морепродуктів, але, як правило, з малоцінної риби, яка містить високий відсоток кісток і жиру, і, вважається непридатною для споживання людиною, а також побічних продуктів або відходів обробки риби.

Утилізація малоцінної для харчування людей риби є нагальною проблемою. При вилові риби біля 200 тис. тонн у рік тільки з Чорного моря, 1 % – це некондиційна, дрібна, кістлява, пошкоджена риба, малоцінна для харчування людей. Одним із способів утилізації високоцінних відходів рибопереробки і малоцінної риби є переробка у рибомучних установках. При виробництві рибної муки традиційним способом її якість суттєво знижується із-за високотемпературного сушіння (температура не менше 80°C протягом 30 хв.), метіонін, аргінін і лізин частково втрачають здатність всмоктуватися в травному тракті, крім того, за таких режимів утворюються отруйні речовини, такі як кадоверін, гістамін і гіцерозин, які негативно впливають на травлення і навіть викликають утворення виразок на епітеліальній тканині м'язового шлунку [3, 21, 22]. Із-за тривалого зберігання і транспортування в рибній муці може розвиватись патогенна мікрофлора.

Враховуючи поживну цінність малоцінної риби, розробка нових і удосконалення наявних способів вводу малоцінної риби до складу комбікормів для риб без втрати поживності – важливе завдання галузі виробництва комбікормів [3]. Нами було удосконалено технологію виробництва комбікормів для риб шляхом збагачення зерна малоцінною рибою і формування попередньої суміші компонентів, що забезпечує не лише утилізацію високоцінних відходів рибиництва або малоцінної риби, а й високу однорідність змішування суміші, що у свою чергу забезпечує якість кінцевого продукту і його можна рекомендувати для використання у виробництві комбікормів для риб та молоді сільськогосподарських тварин [4-6].

У дослідженні кукурудзу збагачували малоцінною рибою (салакою чорноморською). Збагачення зернової сировини малоцінною рибою шляхом екструдуювання суміші зернової сировини і малоцінної риби проводили в Одеській національній академії харчових технологій у спеціалізованій лабораторії кафедри технології комбікормів на виробничому екструдері ЕЗ-150, який оснащений автоматичною системою збору даних і керування для проведення досліджень процесу екструдуювання і розробки ефективних систем автоматичного керування цим процесом. Система передбачає вимір температур у трьох робочих зонах екструдера, температури поверхні матриці, а також струму навантаження приводу шнека, автоматичне регулювання струму навантаження приводу шнека за рахунок зміни продуктивності живильника й автоматичне регулювання температур у робочих зонах екструдера за рахунок зміни потужності тенів установлених у кожній робочій зоні екструдера. Система складається з датчиків, модулів-перетворювачів сигналів, виконавчих пристроїв і персонального комп'ютера, який є її інтелектуальним ядром. Екструдуювання суміші проходило при температурі 110–120 °С і тискові 2-3 МПа у робочій зоні екструдера. Кукурудзу з малоцінною рибою змішували у оптимальному співвідношенні 90:10, що було визначено найефективнішим проходженням процесу екструдуювання [4].

На першому етапі роботи було проведено біологічну оцінку (на лабораторних тваринах) використання кормової суміші у складі раціону. Проведене дослідження показало доцільність використання екструдату у рецептах комбікормів [4-6]. На другому етапі були проведені дослідження хімічного складу, органолептичних і мікробіологічних показників та фізичних властивостей екструдату.

Мета роботи: визначення основних хімічних і фізичних показників якості екструдованої кормової суміші з малоцінної риби.

Фізичні властивості кормової суміші до екструдуювання вказують на належність її до важкосипких компонентів (табл. 1). У процесі екструзії на 35,8 % зменшилась масова частка вологи. Екструдована кормова суміш має задовільні фізичні показники, у процесі екструдуювання зменшився кут природного укусу, покращилась сипкість. Про глибокі структурно-механічні зміни, які відбулися у процесі екструзії, свідчить зменшення об'ємної маси кормової суміші з малоцінної риби на 169 % з 646 кг/м³ до 240 кг/м³. Індекс розширення екструдату становив 2,4 при діаметрі голівки матриці екструдера 10 мм. Низький індекс розширення можна пояснити утворенням у процесі екструдуювання амілозо-ліпідних та білково-ліпідних комплексів, які впливають на декстринізацію крохмалю. Питомі витрати електроенергії на екструдуювання суміші становили 16,0 кВт год/т.

Дослідження санітарної якості екструдованої кормової суміші з малоцінної риби (масова частка вологи 10,2 %) показали, що продукт може зберігатися протягом 6 місяців у нерегульованих умовах [5].

Таблиця 1 – Вплив екструдуювання на фізичні властивості кормової суміші (n = 3, P≥0,95)

Показники	Спосіб підготовки	Значення
Масова частка вологи, %	без обробки	15,9
	після екструдуювання	10,2
	зміни, %	-35,8
Кут природного укусу, град.	без обробки	35
	після екструдуювання	38
	зміни, %	+8,6
Сипкість, см/с	без обробки	35
	після екструдуювання	22
	зміни, %	-37,1
Об'ємна маса, кг/м ³	без обробки	646
	після екструдуювання	240
	зміни, %	-62,8
Індекс розширення екструдату	без обробки	–
	після екструдуювання	2,4
Питомі витрати електроенергії, кВт·год/т		16,0

Оцінка біологічної цінності хімічними методами дає змогу оцінити збалансованість суміші і відображає потенціал суміші як джерела харчування (табл. 2). Екструзія – процес термопластичної дифузії з адіабатичним розширенням на виході з екструдера. Вплив екструзії на доступність поживних речовин окремих компонентів неоднозначний (табл. 2). Найбільшої зміни зазнають вуглеводи зернових, що пояснюється високою водоабсорбційною здатністю крохмалю і клітковини [6, 7]. Під час термічної та механічної обробки внаслідок руйнування глюкозидних зв'язків порушується нативна структура зерен крохмалю, відбувається деструкція великих молекул полісахаридів – амілози і амілопектину. Руйнування цих зв'язків призводить до утворення декстринів із практично однакоvim ступенем полімеризації, тому що цей процес залежить від енергії зв'язку молекул глюкозидних залишків. Внаслідок механічної деструкції відбувається розрив ковалентних зв'язків, який має випадковий характер, тому декстрини утворюються з різною кількістю глюкозидних залишків. Руйнування зв'язків між ланцюгами полісахаридів, що входять до складу крохмалю, призводить до порушення його внутрішньої структури [8, 9]. Це полегшує приєднання води до –ОН груп, які звільняються внаслідок такого порушення. У результаті таких процесів у екструдованій кормовій добавці зменшується вміст цільного крохмалю на 26,8 % (табл. 2), а моносахаридів (глюкози і фруктози) збільшується. У результаті змішування малоцічної риби та кукурудзи і подальшого екструдювання суміші, зернову сировину збагатили сирим протеїном на 34,4 %, при втратах у процесі екструдювання 3,0 %. Внаслідок часткового порушення целюлозо-лігнінового комплексу при екструдюванні зменшився вміст сирової клітковини на 4,3 %. У результаті часткового розпаду жиру на жирні кислоти його кількість зменшилась на 2,9 %.

Таблиця 2 – Хімічний склад екструдованої кукурудзи і кормової суміші (у розрахунку на суху речовину) (n = 3, P≥0,95)

Показники	Кормова суміш кукурудзи і риби		Екструдована кукурудза
	до екструдювання	після екструдювання	
Масова частка: сухих речовин, %	84,10	89,80	88,23
сирого протеїну, %	13,12	12,73	8,25
сирого жиру, %	4,19	4,07	4,05
сирової золи, %	1,60	1,58	1,58
сирової клітковини, %	2,11	2,02	2,23
водорозчинних вуглеводів, %	3,70	20,50	23,56
крохмалю, %	59,23	37,36	20,80
фосфору, мг/100 г	170,00	169,00	109,00
кальцію, мг/100 г	8,80	8,50	21,00
Масова частка вітамінів:			
В ₁ , мг/100 г	0,12	0,10	0,12
В ₂ , мг/100 г	0,08	0,07	0,07
Е (токоферолі), ‰	2,31	2,09	2,30
Перетравність білка (in vitro), %	68,00	78,60	76,40

Малоцінна риба, яку направляють на виробництво кормової муки, багата на вітаміни А, D, групи В та ін. [10, 11]. Однак внаслідок видалення з розвареної маси більшої частини жиру, використання високих температур сушіння і окислення при зберіганні загальний вміст вітамінів А і D у готовому продукті залишається незначним. У процесі переробки (упарювання бульйону і сушіння жому) близько половини водорозчинних вітамінів групи В переходить у бульйон і втрачається, якщо бульйон не випарюють і не використовують для виробництва муки. У табл. 2 показано втрати вітамінів при екструдюванні суміші кукурудзи і малоцічної риби. Зменшення вмісту основних вітамінів у процесі екструдювання – незначне (до 8 %) і відповідає дослідженням інших учених [12, 13].

Якість білка характеризує співвідношення окремих фракцій різної розчинності. Фракційний склад білка – показник, який характеризує білки різних таксономічних груп та їхні властивості переходити з одного за розчинністю стану в інший, що має важливе фізіологічне значення та лежить в основі життєвих процесів, які протікають в організмі. У табл. 3 представлені результати досліджень фракційного складу екструдованої кормової суміші. Сирій білок кукурудзи у найбільшій кількості складається з спирторозчинної фракції (до 60 %), менше у ньому лугорозчинної (до 23 %), солерозчинної (до 22 %) і водорозчинної фракції (до 17 %) [12]. У процесі екструзії в білці кукурудзи зменшується кількість водо- і соле-

розчинної фракції, незначно знижується кількість спирторозчинної фракції, лужної практично не змінюється, нерозчинний залишок збільшується.

До складу м'яса риби як і теплокровних тварин, входять головним чином прості, переважно солерозчинні білки типу глобулінів – міозин, актин, актоміозин і в невеликій кількості тропоміозин [10, 11]. Ці білки утворюють міофібрили м'язових клітин і в сумі складають більше половини всіх білкових речовин м'яса риб. Наступну, значну фракцію (25...35 %) являють водорозчинні білки типу альбумінів – міоген, міоальбумін, глобулін, що входять до складу саркоплазми. Крім указаних білків, до складу м'язових волокон входять нерозчинні у воді і розчинах нейтральних солей, але розчинні в слабких розчинах лугів і кислот білки – міостроміни (до 25 % білка). Нерозчинні білки представлені в основному сполучними білками або білками сарколеми – колагеном, еластином та ін. Повноцінні білки – практично всі білки м'яса риби за винятком білків строми.

Білки риби знаходяться переважно в колоїдному стані (у вигляді гелів і золів), що зумовлює нестійкість і мінливість властивостей (денатурацію) білкових речовин м'яса риби при зміні умов середовища. Екструзія знижує молекулярну масу білків внаслідок денатурації. Найчутливіші до вологотеплової обробки водо- і солерозчинні фракції білка риби [7, 8]. Міофібрилярні білки відповідають за збереження структури м'язової тканини, тому при переході їх у денатурований стан порушується зв'язок білка з водою, цілісність м'язових волокон, що призводить до значних втрат тканинного соку. Зменшення водо- і солерозчинної фракції білків пов'язано зі змінами властивостей білка у результаті дії тепла в процесі екструзії і деструкцією, яка супроводжується деяким зменшенням розчинності білка, що зумовлена зміною форми будови – переходу у фібрилярну форму. Одночасно збільшується кількість денатурованих лугорозчинних білків.

При екструзуванні суміші кукурудзи і риби відбуваються як зміни окремо у компонентах, так і у результаті взаємодії їх між собою. До позитивних змін відносять те, що теплова обробка призводить до розпаду водневих, іонних і пептидних зв'язків, збільшуючи кількість активних груп у молекулі білка.

Серед негативних – утворення додаткових зв'язків між поліпептидними ланцюгами, вуглеводів білкового походження, агрегація білків та реакція Мейллара, коли бокові з'єднання аміногрупи $-NH_2$ - амінокислот вступають у взаємодію з вуглеводами, альдегідами та іншими речовинами [14].

Продукти різних реакцій між вуглеводами і амінокислотами вперше були ідентифіковані Мейллардом, іменем якого і була названа реакція. За Бендеру, були наочно показані такі реакції: реакції між аміногрупами амінокислот і речовинами, які знижують поживність білка; реакція між кінцевою аміногрупою лізину і карбонілпродуктами вторинного розпаду жирів, здатних до самоокислення; взаємодії білка з білком (вуглецевоазотисті зв'язки) незалежно від наявності речовин, які понижують поживність корму.

Із аналізу табл. 3 видно, що при екструзуванні кормової суміші зменшується кількість водо-, соле- і спирторозчинних білків, збільшується кількість лугорозчинних і нерозчинного залишку.

Таблиця 3 – Фракційний склад білків кормової суміші, % від сирого протеїну (у розрахунку на суху речовину)

Показник	Спосіб підготовки	Кормова суміш
Водна фракція	до обробки	14,73
	після екструзування змін	7,36 -50,0
Сольова фракція	до обробки	24,18
	після екструзування змін	14,61 -39,8
Спиртова фракція	до обробки	36,90
	після екструзування змін	35,50 -3,8
Лужна фракція	до обробки	20,88
	після екструзування змін	35,8 +41,7
Нерозчинний залишок	до обробки	3,31
	після екструзування змін	6,73 +50,8

У літературі є дані, що підвищення температури до 100 °C і вище призводить до помітного зниження засвоюваності тваринних білків, у результаті порушення основних ковалентних зв'язків. Дані наших досліджень свідчать, що перетравність білків у результаті теплової обробки зростає. Показником біологічної

цінності білків є перетравність *in vitro* шляхом перетравлення пепсином. У результаті екструзії перетравність *in vitro* кормової суміші зросла на 13,5 % з 68,0 до 78,6 % (табл. 2).

Зернівка кукурудзи містить два білка: зеїн (дефіцитний за лізиномі триптофаном) і глотелін (дефіцитний за метіоніном). При визначенні лімітованих амінокислот у комбікормах для риби (особливо форелі й коропа) на перше місце частіше інших виходять метіонін і лізин. Питання повноцінності білка за амінокислотним складом надзвичайно важливе. Відомо, що рибна мука, основне джерело повноцінних білків у комбікормах для хижих риб, у процесі виробництва втрачає певну частину незамінних амінокислот [10, 11, 12]. Окремі амінокислоти, особливо цистеїн, гістидин і триптофан, піддаються руйнуванню при упарюванні бульйону при температурі вищій за 100 °С. Негативно впливають високі температури сушіння рибної муки на лізин, ізолейцин, треонін. З усіх амінокислот найважливіше значення має лізин, який вирізняється високою чутливістю до подразнювальних факторів (високих температур, умов і тривалості зберігання компонентів, дії отрут) у результаті чого у подальшому важче проходить його відщеплення під дією травних ферментів, що пов'язано з особливістю будови молекули лізину, яка має дві аміногрупи. Ї аміногрупа звичайно вільна і легко вступає під впливом факторів у зв'язок з різними з'єднаннями, від чого при потраплянні до травного тракту змінюються контакти білка з протеолітичними ферментами (трипсином) і ступінь доступності амінокислоти знижується. Тому з білка комбікорму може не використовуватися 10...30 % лізину, а при термічній обробці і 50...60 %. Питання доступності лізину і метіоніну має практичне значення, оскільки їх часто додають у комбікорми для риб.

Режими екструзування ($t=110...120$ °С, $p=2...3$ МПа) обумовили дослідження зміни амінокислотного складу кормової суміші до і після теплової обробки (табл. 4).

Таблиця 4 – Амінокислотний склад білків кормової суміші кукурудзи і рибної сировини, % від сирого протеїну $N \times 6,25$, на суху речовину ($n = 3, P \geq 0,95$)

Амінокислоти		Кормова суміш	
		до екструзування	після екструзування
Незамінні	Валін	0,62	0,58
	Ізолейцин	0,47	0,43
	Лейцин	1,59	1,49
	Лізин	0,66	0,60
	Метіонін+цистин	0,44	0,40
	Треонін	0,39	0,34
	Триптофан	0,12	0,11
	Фенілаланін	0,51	0,49
	Разом	4,80	4,44
Замінні	Аргінін	0,71	0,65
	Аланін	0,91	0,85
	Аспарагінова кислота	1,14	1,06
	Гістидин	0,50	0,47
	Гліцин	0,47	0,45
	Глутамінова кислота	0,92	0,90
	Пролін	0,81	0,72
	Серин	0,61	0,54
	Тирозин	0,42	0,35
	Разом	6,49	5,99

Згідно з результатами, загальний вміст амінокислот у ЕКС зменшився на 7,6 %, причому вміст незамінних – на 7,5 %, а замінних – на 7,7 %.

Дослідження санітарної якості екструзованої кормової суміші з малоцінної риби (масова частка вологи 10,2 %) показали, що продукт може зберігатися протягом 6 місяців у нерегульованих умовах [5, 19, 20].

Аналіз результатів досліджень показує, що у результаті збагачення кукурудзи рибним протеїном у кормовій добавці збільшився вміст сирого протеїну на 34,4 % та всіх незамінних амінокислот, особливо лізину (на 15,8%), метіоніну і цистеїну (на 11,4 %) і триптофану (на 10,0 %), які є лімітованими у комбікормах для риб, зменшилась кількість сирової клітковини, зменшилась кількість крохмалю внаслідок його розпаду на простіші сахариди, також зернову сировину збагатили вітамінами А і D, погіршилась розчинність білкових фракцій кормової суміші, разом з тим покращилась, перетравність білків *in vitro*.

Проведені дослідження хімічного складу екструдату з рослинної і малоцінної риби показали значні структурно-механічні і хімічні зміни у процесі високотемпературної обробки. У результаті екструзуван-

ня кормової суміші з малоцінної риби, покращуються її фізичні властивості, перетравність поживних речовин. Використання кормової суміші дасть змогу розширити застосування кукурудзи як компонента комбікормів для риб і зменшить кількість рибної муки у рецептах комбікормів.

Література

1. Lückstädt C. Fresh fish for high quality fish meal [Електронний ресурс] / С. Lückstädt, K. Kühlmann – 1 електрон.опт.диск (CD-ROM) \$ 12 см. – систем. вимоги: Pentium-266; 32 Mb RAM; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. – Назва з контейнера <http://en.engormix.com/MA-aquaculture/news/world-aquaculture-2011-aquaculture-t16831/p0.htm>.
2. Подобед Л.И. Технологические основы получения и зоотехническая оценка рыбной кормовой смеси [Текст] / Л.И. Подобед, В.В. Жайворонюк // Збірник наукових праць УААН «Механізація, екологізація та конверсія біосировини у тваринництві». – 2009. – Вип. 1. – С. 112–117.
3. Технология производств и гидробионтов / С.А. Артюхова, В.Д. Богданов, В.М. Дауци и др.: Под ред. Сафоновой К.А. и Мендерика В.И. – М.: Колос, 2001. – 496 с: ил. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – М.: Агропромиздат. – 2005. – 369 с.
4. Єгоров, Б.В. Перспективи використання малоцінної риби у кормовиробництві / Б.В. Єгоров, А.П. Левицький, Л.В. Фігурська // Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – № 2. – С. 46-50.
5. Єгоров, Б.В. Вплив теплової обробки на санітарну якість екструдованої кормової добавки з малоцінною рибою / Б.В. Єгоров, Л.В. Фігурська, Л.В. Труфкати // Наукові праці ОНАХТ. – 2011. – № 14. – С. 48-52.
6. Єгоров, Б.В. / Розробка технології виготовлення екструдованої кормової суміші для риб / Б.В. Єгоров, Л.В. Фігурська // Зернові продукти і комбікорми. – 2013. – № 1. – С. 36-42.
7. Ковбаса В. Після екструдвання / В. Ковбаса, А. Українець, О. Ромашко // Зерно і хліб. – № 2. – 2001. – С. 27.
8. Riaz, M.N. Extruders in food applications / Mian N. Riaz. – Lancaster Basel: Technomic publishing co, 2000. – 240 p.
9. Frame, N.D. The technology of extrusion cooking / N.D. Frame. – London: Blackie academic & professional, 1993. – 268 p.
10. Guy, R. Extrusion cooking / R. Guy. – Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2001. – 199 p.
11. Кононський О.І. Біохімія тварин: Підручник. – 2-е вид. перероб. і доп. – К.: Вища школа, 2006.
12. Норберт Альберс. Стабильность витаминов в производственном процессе // Комбикорма. – 2000. – № 5. – С. 33–35.
13. Кожарова, Л.С. Основы комбикормового производства / Л.С. Кожарова. – М.: «Пищепромиздат». – 2004. – 288 с.
14. Дамберг Д.Э. Реакция меланоидинообразования и ее биологическое значение. – Изд-во Латв. ССР, 1976. – № 1. – С. 97–105.
15. Исаев, В.А. Кормовая рыбная мука / В.А. Исаев. – М.: Агропромиздат, 1985. – 189 с.
16. Сравнение разных источников лизина в рационах радужной форели / Ястребов К.Ю., Аверкиева О.М., Храпение и переработка зерна, №5, 2002. Экспертиза рыбы, рыбопродуктов и нерыбных объектов водного промысла: Учебно-справочное пособие / [В.М. Позняковский и др.]. – Новосибирск: Сиб. универс. изд-во, 2005. – 311 с.
17. Rumsey, G.L. Methionine and cystine requirements of rainbow trout / G.L. Rumsey, J.W. Page, N.L. Scott. // Prog. fish. cult. – 1983. – № 3. – P. 139–143.
18. Сорвачев, К.Ф. Основы биохимии питания рыб / К.Ф. Сорвачев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 247 с.
19. Єгоров, Б.В. Зміна мікробіологічних показників якості кормових добавок при теплової обробці / Б.В.Єгоров, Л.В. Фігурська // Збірник праць за підсумками Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». – К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – С. 417–418.
20. Єгоров, Б.В. Биологическая ценность и микробиологическая безопасность экструдированной кормовой смеси с рыбным сырьем / Б.В. Егоров, А.В. Егорова, Л.В. Фигурская, Л.В. Труфкати // Научни трудове научна конференция с международна участие „Хранителна наука, техника и технологии 2011”, 14-15 октомври 2011 г. – Университет по Хранителна Техноогии Пловдив, 2011. – Том LVIII, Свиськ. – С. 378-384.
21. Кадыров, А. Экструзионная переработка биологических отходов в корма / Д. Кадыров, А. Гарзанов // «Птицеводство». – №7. – 2008. – С. 15–18.
22. Остриков, А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.